

ные значения параметра  $(\beta/\alpha)_{\text{опт}}$  находятся соответственно в диапазонах: для конвертеров с верхней продувкой ванны 0,4 - 0,8; для конвертеров с комбинированной продувкой 0,5 - 1,1. Для кислородных фурм мартеновских печей, при  $\alpha = 20 - 60$  град.,  $(\beta/\alpha)_{\text{опт}} = 0,3 - 0,7$ .

Рассмотрены варианты конструкций фурм указанного типа с использованием дополнительного центрального сопла. Показано, что применение центрального соплового модуля с завихрителем кислородного потока, который имеет направление закрутки, совпадающее с направлением закрутки основных продувочных сопел, позволяет дополнительно интенсифицировать процесс вторичного дожигания отходящих газов в полости сталеплавильного агрегата.

Применение кислородных фурм с двойным углом наклона сопел за счет тангенциальной составляющей импульса дутьевых струй, обеспечивает целенаправленное вращение и интенсификацию перемешивания ванны сталеплавильной ванны. Причем, основное преимущество таких фурм заключается не столько в усилении перемешивания ванны в целом, сколько в интенсификации тепло – массообменных процессов в реакционной зоне, в т.ч. в увеличении расхода циркулирующего через нее расплава.

Рассмотрены опыт пятилетней эксплуатации кислородных фурм с двойным углом наклона сопел на 650-т и 900-т мартеновских печах ПАО „ММК им. Ильича” и результаты опытно-промышленных испытаний на 350-т конвертерах ОАО „НЛМК” (Россия).

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ КИСЛОРОДНЫХ ФУРМ С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПОДВОДОМ ВОДЫ В НАКОНЕЧНИК**

А. В. Сущенко, доц., к.т.н., А. С. Гриценко, специалист, ГВУЗ «ПГТУ»

При организации эффективного охлаждения фурм с центральным подводом кислорода и оптимизации течения воды в них часто возникают сложности в подаче достаточного количества воды в центральное межсопловое пространство наконечника и обеспечении высоких скоростей охладителя в местах максимального теплового воздействия на головку. В используемых в настоящее время системах охлаждения фурменных наконечников для решения указанной проблемы применяются специальные разделители, распределители, направляющие вкладки, дополнительные патрубки и т.п. различных конструкций. При этом, с одной стороны, существенно усложняется (а в некоторых слу-

чаях становится практически невозможным) промышленное изготовление наконечников, а с другой стороны, - за счет организации симметричного течения охладителя протекающие через межсопловые зазоры потоки воды взаимно тормозятся в центре головки; в результате чего могут образовываться застойные зоны и неорганизованные вихревые течения.

Вместе с тем, обеспечить устойчивую циркуляцию охладителя через центральную часть головки можно конструктивно значительно проще при организации несимметричного течения воды в ней. Некоторые из таких технических решений были предложены ранее. Однако, до настоящего времени идея организации несимметричного течения воды в фурменных наконечниках не получила практического развития. Целью настоящего исследования являлось проведение анализа эффективности работы известных и разработка новых более совершенных систем охлаждения наконечников кислородно-конвертерных фурм, основанных на организации несимметричного течения воды в них.

Анализ эффективности работы систем охлаждения кислородных фурм выполнялся на основе результатов численного моделирования (с использованием программного комплекса FlowVision) гидродинамики течения воды в наконечниках различных конструкций, при прочих эквивалентных условиях. В качестве объекта исследования рассматривались конструкции систем охлаждения наконечников кислородных фурм 130-180 т конвертеров.

Подтверждено, что часто используемая на практике упрощенная система охлаждения наконечника кислородной фурмы для верхней продувки сталеплавильного агрегата (роль разделителя воды выполняет концевая часть промежуточной трубы ствола фурмы) является неэффективной и не позволяет обеспечить высокую стойкость и надежную работу наконечника.

Проведен анализ и выявлены недостатки известных технических решений по организации несимметричного течения охлаждающей воды в головках кислородных фурм (с использованием двухтрубных стволов, с эксцентричным расположением средней трубы в трехтрубном стволе, с установкой специальных кольцевых вставок и др.).

Разработаны новые эффективные конструкции систем охлаждения наконечников кислородных фурм, основанные на организации несимметричного течения воды в головке, позволяющие (по сравнению с базовым вариантом – упрощенной системой охлаждения при  $\varphi_{\text{ш}} \sim 2 \%$ ,  $w_{\text{ш}} \sim 0,5$  м/с) увеличить долю «свежей» воды, циркулирую-

щей через центральную межсопловую область головки  $\varphi_{ц}$  и скорость её движения вблизи наиболее теплонапряженной центральной части торца  $w_{ц}$  в 5 – 15 раз.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ И РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНОГО И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСОВ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ**

А. В. Сущенко, доц., к.т.н., А. С. Гриценко, специалист, ГВУЗ «ПГТУ»

Выполнен сравнительный анализ известных методик расчета материального и теплового балансов конвертерной плавки, показаны имеющиеся противоречия и неточности, которые могут привести к значительным погрешностям при вычислениях, а в некоторых случаях даже к неверным выводам при анализе теплотехнологических показателей конвертерных плавов.

Разработана усовершенствованная методика и соответствующая прикладная программа для расчета материального и теплового балансов конвертерной плавки, позволяющая определять соотношение компонентов металлозавалки, необходимое количество извести и других шлакообразующих материалов (ШОМ), количество и состав шлака, выход жидкого металла, суммарного расхода кислорода и времени продувки плавки, анализировать различные составляющие потерь железа и теплоты в процессе.

Исходными данными являются: общая масса металлошихты (садка конвертера), температуры и химические составы жидкого чугуна, металлоохлаждителей (МО) - (5 видов лома и 4 вида дополнительных МО), ШОМ (известь и 5 видов дополнительных, в т.ч. MgO-содержащих материалов), металла после продувки, параметры кислорода дутья и основность конечного шлака.

Расчетная схема основана на организации трех взаимосвязанных итерационных циклов для определения: массы извести и массы шлака; массы жидкого металла и массы металлолома. При этом учитываются: наличие дополнительных теплоносителей (например, угля), коэффициенты усвоения кислорода дутья расплавом, извести и других ШОМ, степени дожигания отходящих газов и износа футеровки конвертера, запыленность отходящих газов и др.

Для адаптации разработанной прикладной программы к реальным условиям работы конкретного агрегата имеются настроечные коэффи-